

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO**  
**INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## **KONCEPCE ČTYŘKOLKY - ATV**

CONCEPTION OF ATV (ALL-TERRAIN VEHICLES)

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**MILAN DOSEDLA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. PETR PORTEŠ, Dr.**

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2009/10

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Dosedla Milan

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Koncepce čtyřkolky - ATV**

v anglickém jazyce:

### **Conception of ATV (all-terrain vehicles)**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše koncepčních řešení čtyřkolek (all-terrain vehicles)

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je provést rešerši koncepčních řešení čtyřkolek (all-terrain vehicles) se zaměřením na následující oblasti:

- konstrukce rámu,
- konstrukce náprav,
- řízení, brzdy, kola,
- pohony.

Seznam odborné literatury:

VLK, F. Podvozky motorových vozidel vozidel. 3. vyd. Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2006.

Reimpell, J., Stoll, H., Edward, A. The automotive chassis - engineering principles. Arnold, London

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Porteš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 3.11.2009

L.S.



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## Abstrakt

Jedná se práci rešeršního typu zabývající se problematikou současné konstrukce a konstrukčního uspořádání čtyřkolek. V jednotlivých kapitolách je rozebrána funkce jednotlivých konstrukčních celků a jejich výhody a nevýhody pro dané použití. Velká pozornost je věnována konstrukci brzd a konstrukci náprav.

Práce vychází z rozboru 30 modelů čtyřkolek od různých výrobců. Součástí práce jsou přehledy specifikací vybraných modelů. V závěru je rozebrána vhodnost jednotlivých konstrukčních řešení pro jednotlivé druhy čtyřkolek jako jsou například užitkové nebo sportovní modely.

## Klíčová slova

brzdy, kotoučové brzdy, bubnové brzdy, nápravy, zavěšení kol, tlumiče, rám, motory, automatická převodovka, manuální převodovka, spojka, pneumatiky, řízení

## Abstract

This thesis is review article of the current design and construction setup of ATVs. In the individual chapters are analyzed function of structural units and their advantages and disadvantages for the application. Much attention is paid to the design and construction of the brakes and axles.

Work based on the analysis 30 models of ATVs from different manufacturers. This thesis reports the specifications of selected models. In conclusion we discuss the appropriateness of design solutions for different types of ATVs such as utility or sport models.

## Key words

brakes, disc brakes, drum brakes, axles, suspension, shock absorber, frame, engine, automatic transmission, manual transmission, clutch, tire, steering

## Bibliografická citace:

DOSEDLA, M. *Koncepce čtyřkolky - ATV*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 38 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Porteš, Dr.

## Prohlášení autora o původnosti práce

Já, Milan Dosedla, prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu.

V Brně dne: 27.5.2010

.....

# Obsah

Úvod .....	3
1 Popis čtyřkolky .....	4
2 Brzdy .....	5
2.1 Kotoučové brzdy .....	5
2.1.1 Kotoučová brzda s pevným brzdovým třmenem .....	6
2.1.2 Kotoučová brzda s plovoucím brzdovým třmenem .....	6
2.1.3 Kotoučová brzda s výkyvným brzdovým třmenem .....	7
2.1.4 Kotoučová brzda s otočným brzdovým třmenem .....	7
2.2 Bubnové brzdy .....	8
2.3 Lamelová brzda .....	8
3 Konstrukce náprav .....	9
3.1 Zavěšení kol .....	9
3.1.1 Lichoběžníkové zavěšení kol .....	10
3.1.2 Kyvná vidlice .....	11
3.2.3 McPherson .....	12
3.2 Odpružení .....	13
3.2.1 Vinuté pružiny .....	13
3.2.2 Dvouplášťový tlumič .....	13
3.2.3 Jednoplášťový tlumič .....	14
4 Konstrukce rámu .....	15
5 Pohony .....	16
5.1 Motor .....	16
5.1.1 Jednoválcový motor .....	17
5.1.2 Dvouválcový motor do "V" .....	17
5.2 Převodovky .....	18
5.2.1 Manuální převodovka .....	19
5.2.2 Automatická převodovka .....	19
5.3 Spojky .....	20
5.3.2 Dvoulamelová suchá spojka .....	20
5.3.3 Vícelamelová suchá spojka .....	20
5.3.4 Mokrý spojka .....	21
5.3.5 Odstředivá spojka .....	21
5.4 Pohon 4x2 .....	21
5.4.1 Řetěz .....	22
5.4.2 Kloubový hřídel .....	23

5.5 Pohon 4x4.....	23
5.5.1 Diferenciál .....	24
5.5.2 Závěr diferenciálu.....	25
5.5.3 Samosvorný diferenciál .....	26
6 Kola .....	26
6.1 Značení pneumatik a disků .....	26
6.2 Pneumatiky .....	27
6.3 Disková kola .....	28
6.4 Litá kola .....	29
7 Řízení .....	29
7.1 Ovládací prvky .....	30
7.2 Konstrukce řízení .....	30
8 Srovnání .....	30
9 Závěr .....	35
Seznam použitých zdrojů .....	36

## Úvod

Čtyřkolky jsou v porovnání s automobily nebo motocykly velmi mladé. Až v osmdesátých letech po neúspěchu tříkolek si vydobýly své místo na motoristickém trhu. Mezi první výrobce patří: Yamaha, Honda, Kawasaki, Suzuki. Ze začátku se jednalo o jednodušší stroje s dvoutaktním motorem a manuální převodovkou. V půlce osmdesátých let se na trhu objevily modely s automatickou převodovkou a s pohonem 4x4. V současné době má největší zdvihový objem model Arctic cat Thundercat 1000 H2 (951 cm<sup>3</sup>).

Čtyřkolky se v dnešní době dělí do dvou hlavních skupin: sportovní a užitkové čtyřkolky. Sportovní čtyřkolky jsou určeny jak pro volný čas, tak pro lehčí závodění, mohou být využity i pro lehčí práci. Užitkové čtyřkolky, jak už název napovídá, jsou stroje určené k práci a to např. v lese, na stavbě a v zemědělství. Narozdíl od sportovních modelů se k nim dá připojit velké množství příslušenství od navijáku, vozíku, radlice na odhrnování sněhu až po přípojný vozík na vyvážení klád z lesa.

Další rozdělení může být podle pohonu a to na: 4x2 a 4x4. Pohon 4x2 znamená, že je poháněna jen jedna náprava a to zadní, pohon 4x4 znamená, že je poháněna jak zadní tak i přední náprava. Další označení pohonu 4x2 je 2WD a vychází z angličtiny - two wheel drive - pohon dvou kol, stejné je to i v případě pohonu 4x4, 4WD znamená four wheel drive - pohon čtyř kol.

Práce analyzuje různá řešení jednotlivých konstrukčních celků u čtyřkolek současné produkce. Protože mezi konstrukčními celky sportovních a užitkových čtyřkolek nejsou konstrukční rozdíly, nebudu se jimi zabývat jednotlivě. Hlavní rozdíl mezi sportovními a užitkovými čtyřkolkami je v jízdních vlastnostech a ve vzhledu a tedy v prostorovém řešení rámu. Jízdními vlastnostmi mám na mysli, že se na sportovním modelu můžeme víc "vyřádit". Navíc se můžeme u sportovních modelů setkat s lepšími brzdami a lepšími tlumiči o větším zdvihu.



## 1 Popis čtyřkolky

Na obr. 1 je typický zástupce vyšší třídy užitkových čtyřkolek Kawasaki Brute Force 750 4x4i. Čtyřkolka je vybavena koly, které zajišťují styk s povrchem. Nad předními koly jsou řídítka, která slouží k řízení čtyřkolky a jsou zde umístěny ovládací prvky jako ovládání brzd a plynu. Vpravo od řídítek je sedlo, na kterém sedí jezdec a pod sedlem je umístěn dvouválcový motor s automatickou převodovkou typu CVT. Zavěšení kol přední a zadní nápravy je řešeno pomocí lichoběžníkového zavěšení kol, lépe je to vidět na obr. 8 u kapitoly Pohon 4x4.

Před řídítka je umístěn přední nosič, zadní nosič je umístěn nad zadní nápravou. Oba jsou svařované trubkové konstrukce. Nosnost předního nosiče je 40kg a zadního nosiče je 80kg.

Nosnou částí všech čtyřkolek je rám. V jeho přední části je uchycena přední náprava, ve střední části je uložen motor s převodovkou, za ním je umístěna nádrž a v zadní části je uchycena zadní náprava. Rám v zadní části je vybaven montáží pro tažné zařízení a v přední části montáží pro navigátor.



*Obr. 1 čtyřkolka Kawasaki Brute Force 750 4x4i , převzato z [26]*

## 2 Brzdy

Brzdy u čtyřkolek fungují na principu tření pohyblivých součástí o nepohyblivé. Jedná se o brzdové kotouče, brzdové destičky u kotoučových brzd a o brzdové bubny a brzdové čelisti u bubnových brzd [2].

Čtyřkolky mají oddělené ovládání pro přední a zadní brzdu a rozdělení brzdné síly závisí na jezdci. Přední brzda je ovládána ruční pákou na řídítkách. Zadní brzda je ovládána buď ruční pákou nebo nožní pákou v závislosti na typu převodovky. Pro dobrý brzdový účinek je vhodný velký rozchod kol, nízko položené těžiště, větší šířka kol a větší zatížení čtyřkolky [2].

Nejpoužívanější brzdy na čtyřkolkách jsou kotoučové. Na předních kolech má každé kolo svoji kotoučovou brzdu (obr. 3). Na zadních kolech má každé kolo svou kotoučovou brzdu nebo je jedna kotoučová brzda na společné hřídeli zadních kol (obr. 8).

Čtyřkolky jako: Yamaha YFZ450, Honda TRX450ER, Suzuki QuadRacer R450 jsou vybaveny kotoučovými brzdami jak na přední tak zadní nápravě.

Bubnová brzda se na čtyřkolkách používá nejčastěji na zadních kolech a to buď pro každé kolo jedna bubnová brzda např. Yamaha Big Bear 250 nebo jedna společná pro obě kola na společné hřídeli zadních kol např. Honda TRX250TE. Pokud jsou bubnové brzdy použity na předních kolech, tak každé kolo má svou bubnovou brzdu, ale toto řešení se vyskytuje jen velmi málo, například na čtyřkolce Kawasaki Bayou 250.

Lamelová brzda se používá nejčastěji v mokrému provedení. Používá se pro brzdění zadní nápravy jak u čtyřkolek s pohonem 4x2 s kyvnou vidlicí např. Kawasaki Prairie 360, tak u modelů 4x4 s lichoběžníkovým zavěšením nápravy např. Suzuki KingQuad 500AXi.

### 2.1 Kotoučové brzdy

U kotoučové brzdy je otáčející se částí kotouč, jehož boky tvoří třecí plochy. Při brzdění jsou pomocí ovládacího zařízení přitlačovány na tyto plochy třecí desky s třecím obložením. Hlavní součástí kotoučové brzdy je brzdový kotouč, který je upevněn na hlavě (náboji) kola. Brzdový kotouč může být hladký nebo opatřený drážkami případně otvory pro odvádění vody při jízdě za deště. Po stranách kotouče jsou v brzdovém třmenu umístěny brzdové segmenty a brzdový třmen je pevně spojen s nápravou. Brzdové segmenty se na kotouč ze strany přitlačují a tím ho brzdí. V brzdovém třmenu jsou brzdové segmenty, které se skládají z kovové destičky a nalepeného třecího obložení. V každém třmenu jsou segmenty dva [2].

Kotoučové brzdy jsou většinou ovládány hydraulicky nebo mechanicky (lanka a táhla). U hydraulicky ovládaných brzd slouží jako médium pro přenos tlaku hydraulická kapalina, která je tlačena z hlavního brzdového válce přes hydraulické hadičky a potrubí do tzv. pracovního brzdového válce nebo přímo do brzdového třmenu. Součástí hydraulického systému je zásobník a zároveň vyrovnávací nádržka na brzdovou kapalinu, většinou integrovaná s hlavním brzdovým válcem [2].

Největší výhodou kotoučových brzd je jejich velká odolnost proti tepelnému zatížení, velmi dobře se chladí díky vystavení náporu vzduchu při jízdě, protože všechny části jsou přímo vystaveny proudu vzduchu. Nevýhodou je jejich bezprostřední vystavení nečistotám, vodě, mastnotě a jiným vnějším vlivům [2].

#### 2.1.1 Kotoučová brzda s pevným brzdovým třmenem

Kotoučová brzda má pevný brzdový třmen s pístky umístěnými na obou stranách. Pístky tlačí na brzdové destičky mezi kterými se otáčí brzdový kotouč. Samotný třmen je uchycen nepohyblivě a při brzdění se pohybují pouze pístky a brzdové destičky. Díky tomu je u pevného třmenu jednodušší údržba a případné opravy [2].

U těchto prostorově nenáročných a velmi účinných brzd jsou v brzdovém třmenu umístěny proti sobě dva až šest pístků. Tyto pístky mají za úkol přitlačovat z obou stran brzdové destičky k brzdovému kotouči. Po zmáčknutí ovládací páky brzd se přenesení tlak do hydraulické brzdové kapaliny, která vytlačí písty ze třmenu ven. Přitlačná síla brzdové kapaliny se na pístky automaticky rozděluje tak, že pístky tlačí z obou stran stejnou silou a díky tomu působí na kotouč nepatrný ohybový moment. Vrácení brzdových pístků po uvolnění ovládací páky zajišťují jednak zkrtné těsnící kroužky na pístcích a jednak sací účinek vznikající při poklesu tlaku v hydraulické kapalině [2].

#### 2.1.2 Kotoučová brzda s plovoucím brzdovým třmenem

Plovoucí brzdový třmen poznáme podle toho, že má jeden nebo dva pístky umístěné jen na jedné straně a těleso třmenu je pohyblivé ve směru osy pístku nebo pístků. Pístek nebo pístky přitlačují brzdovou destičku, celý třmen se působením reakční síly posunuje po vodicích čepech a přitahuje druhou brzdovou destičku. Mezi brzdovými destičkami se otáčí brzdový kotouč a destičky se pak na něj z obou stran přitlačují. Při zmáčknutí páky brzdy se tedy pohybuje jak brzdový pístek vytlačován hydraulickou kapalinou, tak obě brzdové destičky a nakonec i celý brzdový třmen [2].

Oproti brzdě s pevným třmenem je uspořádání brzdy s plovoucím třmenem levnější, lehčí a prostorově úspornější. Při použití dvou pístků a brzdových destiček s třecím obložením ze slinutých materiálů lze pak dosáhnout vynikající účinnosti brzd [2].

#### 2.1.3 Kotoučová brzda s výkyvným brzdovým třmenem

Kotoučová brzda s výkyvným brzdovým třmenem má pístek tlačící na jednu brzdovou destičku, který je umístěn jen na jedné straně třmenu. Třmen se může vychylovat do stran okolo horizontální osy. Na druhé straně třmenu je ve speciálně tvarovaném držáku s kolíkem a vratnou pružinou uchycena druhá brzdová destička. Mezi oběma brzdovými destičkami se otáčí brzdový kotouč. Brzdový třmen uchycený otočně na excentrickém čepu funguje podobně jako otočný brzdový třmen .

Při zmáčknutí ovládací páky brzdy vyjede z brzdového třmenu pístek. Pístek přitlačí na brzdový kotouč jednu brzdovou destičku a jelikož je třmen uchycen otočně, vznikne reakční moment, který celým třmenem pootočí o několik stupňů okolo čepu a tím se přitlačí na brzdový kotouč i protilehlá brzdová destička. Návrat brzdového třmenu po uvolnění brzdy obstarává vratná síla smáčknutí manžety a sací účinek v hydraulickém systému [2].

#### 2.1.4 Kotoučová brzda s otočným brzdovým třmenem

Kotoučová brzda s otočným brzdovým třmenem má brzdový pístek umístěný jen na jedné straně, který působí na vnější brzdovou destičku. Brzdový třmen se může otáčet do stran okolo svislého čepu. Na druhé straně třmenu je uložena druhá brzdová destička a mezi destičkami se otáčí brzdový kotouč. Výkyv brzdového třmenu je omezen aretačním šroubem s pružinou, která slouží jako vratná pružina držáku třmenu [2].

Při brzdění se vysune brzdový pístek, který přitlačí na brzdový kotouč jednu destičku. Protože je brzdový třmen uchycen pohyblivě vznikne reakční moment, který otočí o několik stupňů rameno, které přitlačí na brzdový kotouč protilehlou brzdovou destičku. Po uvolnění brzdy zapůsobí pružina na aretačním kolíku a vrátí brzdový třmen do výchozí polohy [2].

## 2.2 Bubnové brzdy

Mechanické bubnové brzdy se často považují za zastaralé, přesto však mají své výhody. Díky uzavřené konstrukci jsou odolné proti vnikání vody a nečistot. To neplatí u kotoučových brzd, u kterých dochází k znečišťování kotoučů, za mokra se s kotoučovými brzdami musí přibrzďovat, aby se brzdové kotouče osušili a neztrácely účinnost. Dále mají kotoučové brzdy po zmáčknutí ovládací páky určité nepatrné zpoždění, jezdec pak může mít dojem, že brzdy brzdí málo. U bubnových brzd se s takovými problémy nesetkáme [2].

Čelistní a ovládací mechanismus bubnové brzdy je uchycen na desce pevně spojené se zadní nápravou. Brzdové čelisti pak působí na brzdový buben, který je součástí náboje kola a otáčí se kolem. Rozevírající se brzdové čelisti tlačí při brzdění na vnitřní povrch brzdového bubnu, tím navozuje tření a zpomaluje otáčky bubnu. Na brzdových čelistích jsou přilepená nebo přinýtovaná třecí obložení, která při přimáčknutí na vnitřní povrch brzdového bubnu navozují třecí účinek. Po uvolnění ovládací páky brzd stáhnou vratné pružiny brzdové čelisti k sobě. Brzdy jsou ovládány mechanicky pomocí lanek a táhel [2].

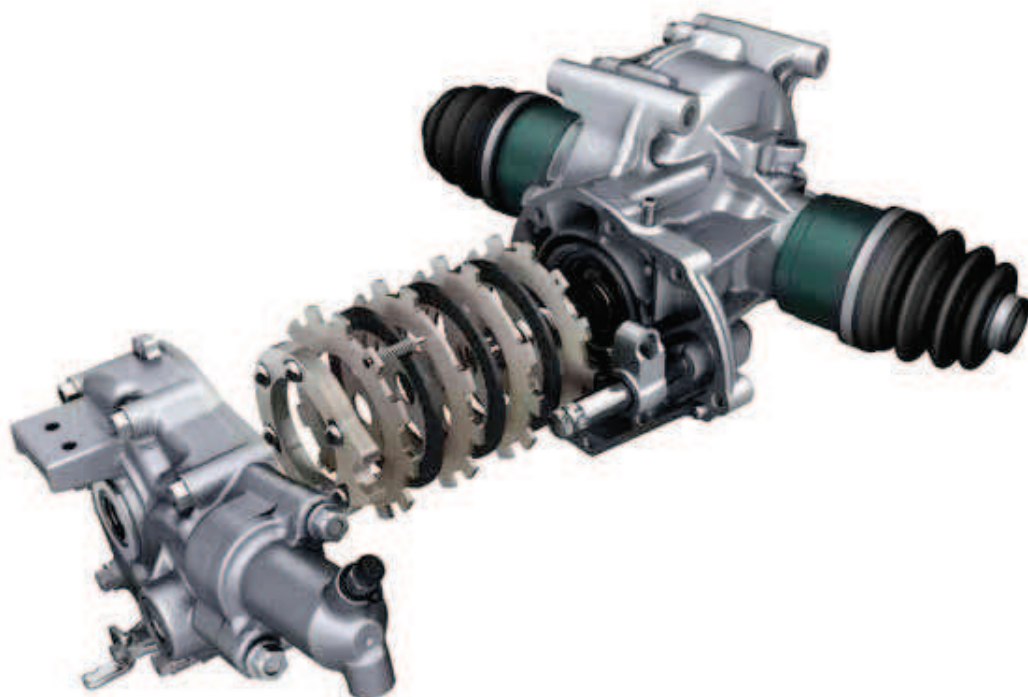
Jednočinné bubnové brzdy (simplex) jsou nejjednodušší a při brzdění vyvíjejí relativně malou sílu. U jednočinných brzd se rozlišuje náběžná a úběžná brzdová čelist. Náběžná čelist je ta, která se na brzdový buben přitlačuje předním koncem proti směru otáčení bubnu. Brzdové čelisti se rozevírají od sebe jako nůžky, jsou ovládány jednou otočnou vačkou a otáčejí se kolem společného čepu.

Dvočinné bubnové brzdy (duplex) fungují tak, že brzdové čelisti jsou od sebe roztahovány pomocí dvou otočných vaček. Brzdové čelisti jsou od sebe roztahovány na obou koncích a mohou tak na brzdový buben tláčit větší plochou [2].

## 2.3 Lamelová brzda

Lamelové brzdy jsou podobné mokré spojce. Výhodou lamelové brzdy je že při malých rozměrech je schopna vyvinout velkou brzdovou sílu. Lamely jsou spojeny s hřídelí zadních kol nebo hnací hřídelí. Přítlačná část s lamelami je pohyblivě uložena v tělese rozvodovky vedle talířového kola nebo před pastorkem jako v případě na obr. 2. Přítlačná část je ovládána hydraulicky podobně jako kotoučová brzda, kdy pístky tlačí lamely proti ocelovým lamelám na hřídeli a tím vzniká brzdná síla. Lamelová brzda může být v provedení suchá nebo mokrá. U mokrého provedení jsou v lamelách drážky, které zajišťují cirkulaci oleje. Výhodou mokré lamelové brzdy je lepší odvod tepla vzniklého při brzdění.





*Obr. 2 Mokrý hydraulicky ovládaná brzda použita na čtyřkolce Kawasaki Brute Force 750 4x4i , převzato z [25].*

### 3 Konstrukce náprav

Náprava spojuje kola s rámem a slouží k přenosu: vlastní hmotnosti čtyřkolky, hnací síly na kola, brzdících sil při brzdění, odstředivých sil při jízdě zatáčkou.

Konstrukce náprav musí být dostatečně pevná, tuhá, musí umožňovat přesné a pevné vedení kol, přenos sil na kola a opačně na rám. Současně musí být co nejlehčí, protože patří do neodpružené části čtyřkolky. Vysoká hmotnost se projeví jako důsledek vzrůstu setrvačných sil v návaznosti na rychlosti jízdy a na nerovném povrchu [5].

#### 3.1 Zavěšení kol

Pod pojmem zavěšení kol rozumíme způsob připojení kol k rámu. Hlavní funkce zavěšení kola je umožnění svislého relativního pohybu vzhledem k rámu, který je potřebný z hlediska propružení a eliminuje na přijatelnou hodnotu nežádoucí pohyby kola. Zavěšení kol přenáší síly a momenty mezi kolem a rámem, tj. svislé síly (zatížení vozidla), podélné síly (hnací a brzdící) a momenty podélných sil [1].

Lichoběžníkové zavěšení kol se používá pro obě nápravy nebo v kombinaci s kyvnou vidlicí na zadní nápravě např. Kawasaki KFX 450R. Zavěšení kol typu McPherson se používá na zavěšení kol přední nápravy v kombinaci s kyvnou vidlicí např.: Kawasaki Prairie 360, na zadní nápravě nebo v kombinaci s lichoběžníkovým zavěšením kol na zadní nápravě v případě čtyřkolky s pohonem 4x4 např. Polaris SPORTSMAN 500 H.O..

### 3.1.1 Lichoběžníkové zavěšení kol

Jedná se o nezávislé zavěšení kol. To znamená že pohyb pravého a levého kola nejsou přímo vázány jako u tuhé nápravy (kyvné vidlice). Kromě toho je u poháněných náprav hmotnost neodpružených částí menší, neboť pohon nápravy (rozdvodovka) je upevněn na rámu (obr. 9) [1].



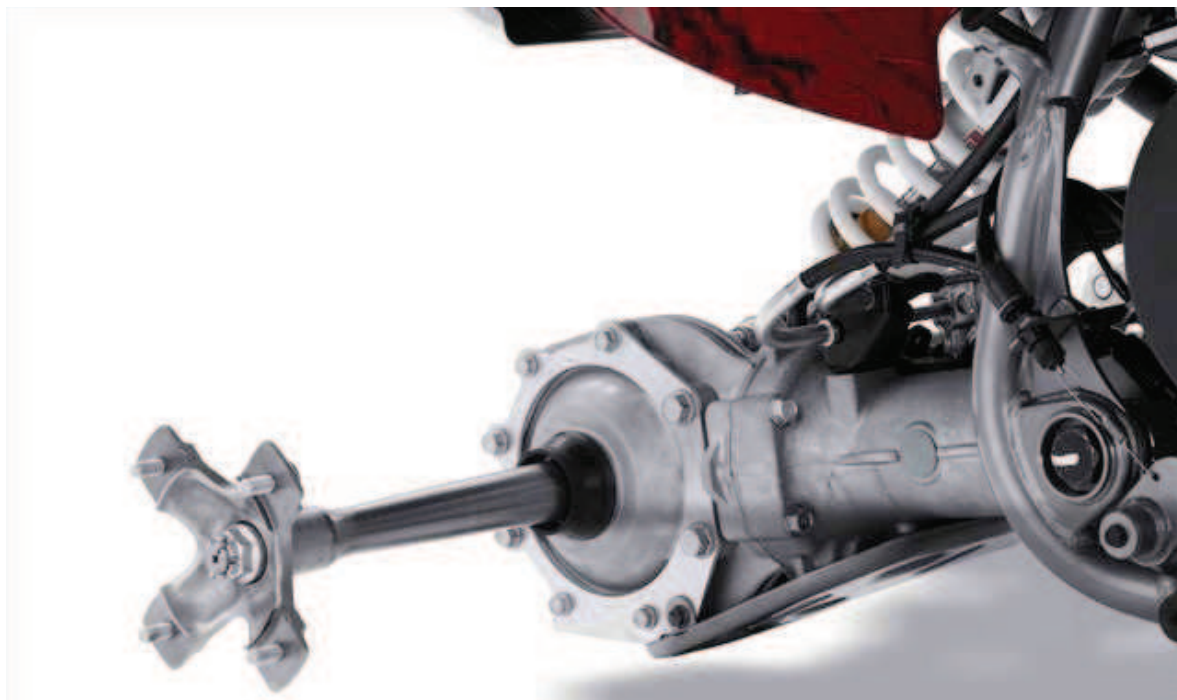
*Obr. 3 Lichoběžníkové zavěšení kol přední nápravy čtyřkolky Kawasaki KFX 450R, převzato z [8].*

Náprava je tvořena dvojicí nad sebou umístěných příčných ramen obvykle trojúhelníkového tvaru. Ramena při pohledu zepředu vytvářejí spolu s těhlicí (hlava ložiska kola) lichoběžník (viz obr 3), horní rameno bývá kratší než spodní. Výhodou lichoběžníkové nápravy je, že může být velmi nízká a plochá. Navíc zabírá méně místa. Poněvadž uložení ramen musí být zachycovat dvojice sil, jsou pro každé

rameno zapotřebí dvě úložná místa a proto se používají trojúhelníková ramena. Spodní rameno je silněji zatěžováno víc než horní, protože leží blíže k působišti sil [1]. Někdy bývá označováno jak dvojité A-rameno.

### 3.1.2 Kyvná vidlice

Kyvná vidlice je součástí podvozku a slouží k uchycení zadních kol k rámu a k jejich vedení. Je odpružena jednou centrální jednotkou (viz obr. 4) nebo dvěma postranními pružícími jednotkami např. Kawasaki Bayou 250. Pružící jednotka je jedním koncem přichycena k rámu a druhým k vidlici. Vidlice se sestává ze dvou ramen, která jsou odpružena šikmo uchycenými tlumiči. Nevýhodou dvouramenných vidlic je jejich poměrně velká hmotnost. U čtyřkolek s kardanovým náhonem na zadní nápravu slouží jedno rameno vidlice jako skříň pro kardanovou hřídel, nebo je vidlice jen z jednoho nosného ramene které slouží jak k uložení hnacího hřídele tak k uchycení zadních kol (viz obr. 4). Na zadním konci vidlice je umístěn pohon zadních kol. Kardanový hřídel vychází z převodovky, hned za převodovkou je opatřen křížovým kloubem, který umožňuje hřídeli konat pohyb současně s vidlicí [2].



*Obr. 4 Zadní zavěšení pomocí kyvné vidlice na čtyřkolce Kawasaki KFX 700 , převzato a upraveno z [10].*

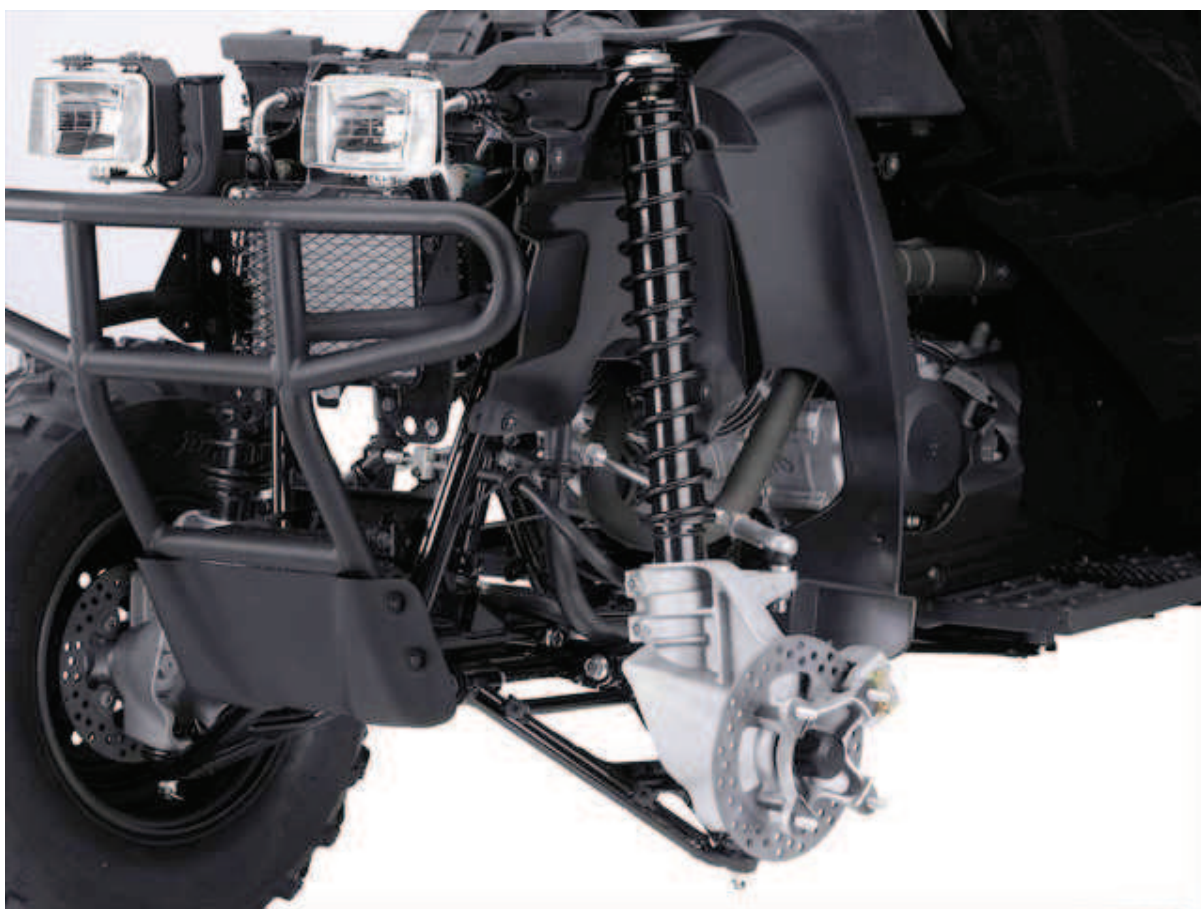


### 3.2.3 McPherson

Náprava McPherson je odvozena z lichoběžníkové nápravy, u které je horní rameno nahrazeno posuvným vedením. Tím se např. získá přídavný vnitřní prostor pro motor nebo úložný prostor [1].

Vedení ve vzpěře McPherson je zásadně konstruováno jako tlumič. Přitom je pístnice kvůli příčnému zatížení značně silnější než u normálního tlumiče. Pružina je obvykle navinuta na vodící trubku tlumiče (obr. 5), tím může být svislé zatížení kola přímo přes kolo, rejdový čep, vodící trubku a pružinu přímo do rámu aniž by se zatěžovalo ložisko. Zatímco zde je následkem menšího zatížení také menší ložiskové tření, vzniká na kluzných místech píst – válec a pístnice vedení zesílené tření kvůli příčným silám při brzdění, akceleraci a zatáčení [1].

Toto zesílené tření může při malých nerovnostech zablokovat pohyb teleskopické vzpěry tak, že čtyřkolka kmitá jen na pneumatikách. A proto se horní kloub tlumiče ukládá do měkké pryže, která umožňuje relativní pohyb mezi teleskopickou vzpěrrou a karoserií [1].



*Obr. 5 Přední náprava se zavěšením kol McPherson na čtyřkolce Kawasaki Prairie 360, převzato z [6].*

## 3.2 Odpružení

Odpružením se zmenšuje přenos kmitavých pohybů náprav čtyřkolky na jeho podvozkové části a rám. Chrání tak posádku, popř. přepravovaný náklad před nežádoucími otřesy. Odpružení také zvyšuje životnost některých dílů podvozku a zajišťuje stálý styk pneumatik s vozovkou i při přejíždění výmolů. Tím je zajištěn přenos obvodových (hnacích a brzdných) sil. U řídicích kol by ztráta styku pneumatiky s vozovkou měla nepříznivý vliv na říditelnost vozidla. Tlumiče tlumí kmitavý pohyb náprav [1].

### 3.2.1 Vinuté pružiny

Vinuté pružiny se používají v kombinaci s tlumičem. Jejich výhodou je malá hmotnost, žádná údržba, jednoduché uložení a žádné suché tření. Stoupání vinutých pružin je takové, aby při maximálně stlačené pružině byla zajištěna bezpečná vůle mezi závity. V opačném případě by pružina způsobovala hluk a přenos rázů. Na obou koncích pružiny jsou závěrné závity zabezpečující styk pružiny s opěrnými plochami a přenos sil. Za účelem snížení přenosu hluku jsou opěrné plochy pro pružinu opatřeny pryžovými podložkami [1].

Používají se pružiny s progresivním vynutím (viz obr. 3) a toho lze dosáhnout několika způsoby. Proměnlivým stoupáním závitů válcové pružiny - pružina má dvě části s různým stoupáním nebo tři části, přičemž ve střední části je stoupání větší a v obou krajích menší. Další způsob je použití proměnlivého průměru drátu válcové pružiny - drát se od střední části pružiny zmenšuje směrem k jednomu nebo oběma koncům, tento způsob vyžaduje kuželové broušení drátu před stočením do pružiny, což je ekonomicky velmi náročné. Při zvětšujícím se stlačování se pružinová vinutí s menším průměrem drátu navzájem dotýkají, čímž se pružina stává tvrdší. Poslední způsob je kombinace proměnlivého průměru drátu a proměnlivého průměru pružiny, tzv. miniblokové progresivní pružiny. Při zatížení se všechny závity jedné poloviny pružiny spirálovitě stlačují a tím je dosaženo výškové úspory místa [1].

### 3.2.2 Dvouplášťový tlumič

Má (vnitřní) pracovní válec a vnější válec (plášť). V pracovním válci vyplněném kapalinou se pohybuje píst s průtokovými ventily, který je upevněn na konci pístnice. Při pohybu pístu se hydraulická kapalina protlačuje otvory průtokových ventilů z jedné oblasti pracovního prostoru do druhé. Hydraulický odpor vznikající při tomto škrceném průtoku je příčinou vzniku tlumicí síly závisící na rychlosti pohybu pístu. Mezi pracovním a vnějším válcem je tzv. vyrovnávací prostor, naplněný přibližně do

poloviny kapalinou. Pracovní a vyrovnávací prostor jsou navzájem propojeny vyrovnávacím ventilem ve spodní části tlumiče. Vyrovnávací prostor slouží k vyrovnání rozdílů skutečného objemu pracovního prostoru, který se při zasouvání pístnice postupně zmenšuje o její objem, a na vyrovnání rozdílů objemu tlumičové kapaliny, který závisí na její teplotě [2].

Přebytečná kapalina, která je při stlačování tlumiče vytlačena zadouvající se pístnicí, proudí vyrovnávacím ventilem do vyrovnávacího prostoru. Při roztahování tlumiče proudí nazpět do pracovního prostoru. Horní konec pracovního a vyrovnávacího prostoru je uzavřen víkem, ve kterém je vodicí pouzdro pístnice a ucpávka [2].

Pro správnou činnost tlumiče je důležité, aby pracovní prostor byl dokonale vyplněn tlumičovou kapalinou, bez vzduchového polštáře. V opačném případě stlačitelný vzduch v kapalině způsobuje kolísání tlumičí síly a tím zhoršuje účinek tlumiče. Z tohoto důvodu nemůže dvouplášťový tlumič pracovat v libovolné poloze, protože při šikmém uložení by se do ně mohl dostat vzduch, který se nachází nad hladinou kapaliny ve vyrovnávacím prostoru, vyrovnávacím ventilem do pracovního prostoru. Sklon dvouplášťového tlumiče může být až  $45^\circ$  [2].

### 3.2.3 Jednoplášťový tlumič

Tlumič odpružení pracuje s kapalinou a pro pohlcení pohybové energie využívají kapalinového tření, k němuž dochází škrcením kapaliny při průchodu příslušnými ventilkou. Protože ale kapalina při průtoku pění, účinnost tlumiče se zhoršuje. Pro odstranění této nedokonalosti byl vyvinut plynokapalinový tlumič. Předností tohoto tlumiče je, že pracovní kapalina je zachycena plynovým polštářkem, který nedovolí její pění. Často se v této souvislosti hovoří ne zcela přesně o tlumiči plynovém. Plynokapalinový tlumič tak zvyšuje aktivní bezpečnost vozu a vylepšuje jízdní vlastnosti [1].

Místo vyrovnávacího prostoru je zde pružná plynová náplň s tlakem plynu 0,3 až 0,6 MPa. Tlumičová kapalina je od plynu oddělena dělicím pístem volně posuvným ve válci. Při zatlačování pístnice směrem dolů kapalina protéká ventily v pracovním pístu do prostoru nad tímto pístem. V tomto prostoru i v prostoru pod pístem je však tlak (0,3 až 0,6 MPa) a proto není zde nebezpečí tvoření bublin. Při průtoku kapaliny sice vznikne tlakový rozdíl v obou komorách, ale nikdy neklesne pod kritickou hodnotu. Proto je tento tlumič citlivý i na malé zdvihy [1].

Jednoplášťový tlumič může být také bez dělicího pístu, tzn. povrch kapaliny je přímo ve styku s plynem. V tomto případě je nutné zabránit možnosti smísení kapaliny s plynem při práci tlumiče, což by mělo nepříznivý vliv na jeho funkci (podobně jako u dvouplášťového tlumiče). Toto lze uskutečnit pomocí odrazové

příčky nebo tzv. uklidňovacím pístem. Obě řešení tlumí a uklidňují pohyb kapaliny v blízkosti rozhraní s plynem [1].

Jednoplášťové tlumiče mají oproti dvouplášťovým tlumičům některé výhody. Mají větší průměr pracovního pístu při stejném vnějším průměru, proto nižší pracovní tlaky v kapalině. Dále mají lepší funkci při kmitavém pohybu s vyšší frekvencí a menší amplitudou, kdy vnitřní přetlak zabraňuje zpěnění kapaliny. Mají lepší chlazení pracovního prostoru. Jsou necitlivé na změnu objemu kapaliny při ochlazení tlumiče v klidovém stavu. A u tlumičů s dělicím pístem libovolná pracovní poloha [1].

## 4 Konstrukce rámu

Rám je hlavním stavebním a pevnostním prvkem čtyřkolky. Nejvíce využívaný je trubkový rám, méně často je používán rám tvořený z plechových výlisků, které jsou svařeny dohromady jako například na čtyřkolce Polaris SPORTSMAN 500 H.O.. Trubkové rámy jsou vhodné, protože jsou lehké, mají vysokou pevnost a při správné konstrukci zajišťují i dostatečnou tuhost. Další jejich výhodou je možnost kusové, malosériové i sériové výroby bez příliš nákladného výrobního zařízení. Nejvíce používaný materiál na rámy je ocel např. Kawasaki Prairie 360 4X4 a hliník např. Kawasaki KFX 450R nebo jejich kombinace např. Yamaha YFM700R [2].



*Obr. 6 Hybridní rám čtyřkolky Yamaha YFM700R, který se skládá z ocelových a hliníkových prvků spojený svařováním a pomocí šroubových spojů , převzato a upraveno z [11].*

Rám je sestaven z několika kusů rovných nebo tvarovaných trubek různého průřezu, z plechových výztuh a závěsů, odlitků, výlisků a pevně spojeny svařováním nebo pomocí šroubů (obr. 4). Pevnostně namáhaná místa, a to nejčastěji v okolí spojení trubek, bývají zesilována navařením rovných nebo tvarovaných výztuh ze stejného nebo podobného materiálu jako jsou trubky rámu. Výztuhy zpevňují nejen svařovaný spoj, ale i začátky trubek v jejich nejvíce namáhané části. Hlavní zásadou při konstrukci těchto výztuh je jejich tvarování tak, aby nedošlo ke koncentraci namáhání. Dalším možným způsobem zesílení namáhaných konců trubek rámu je nalisování další výztužné trubky dovnitř nebo na povrch trubky rámu [2].

## 5 Pohony

Pohon u čtyřkolek se skládá z motoru, spojky, převodovky, hnací hřídele nebo řetězu. Motor je čtyřdobý pístový s jedním nebo se dvěma válci. Převodovka je buď s manuálním řazením nebo automatická. Pohon náprav je realizován pomocí kloubového hřídele nebo řetězu. Dále je nutné rozlišovat mezi pohonem zadních kol (2WD, 4x2) a pohonem všech kol (4WD, 4x4). Pohon 4x4 je konstrukčně komplikovanější, ale poskytuje lepší jízdní vlastnosti a lepší průchodnost terénem.

### 5.1 Motor

Spalovací motor je tepelný stroj, který spalováním paliva získává tepelnou energii a využitím vhodného média ji převádí na mechanickou práci. Zapalování palivové směsi se provádí elektricky prostřednictvím zapalovacích svíček, které produkují zapalovací jiskry. Ve čtyřkolkách se používají čtyřdobé zážehové, neboli benzínové motory s karburátorem nebo se systémem vstřikování paliva. U karburátorových motorů dochází ke smíchání směsi rozprášeného paliva se vzduchem v zařízení zvaném karburátor. Tato směs je pak nasávána do motoru. Nebo se používá elektronické vstřikování benzínu [2].

Podle počtu a uspořádání válců motoru se motory dělí na:

- motory jednoválcové
- motory dvouválcové s uspořádáním do "V" [2]

Podle způsobu chlazení:

- kapalinou chlazené motory
- vzduchem chlazené motory



Základem rozvodového ústrojí je vačková hřídel, jehož vačky prostřednictvím přenosových členů řídí otevření a uzavření ventilu. Otevření ventilu je odvozeno přímo od vačkového hřídele a uzavření ventilu zajišťuje ventilová pružina [3].

Podle konstrukce rozvodového ústrojí (motory ventilové) na:

- OHV (Over Head Valve)
- OHC (Over Head Camshaft)
- SOHC (Single Over Head Camshaft)
- DOHC (Double Over Head Camshaft) [2].

Podle počtu ventilů v hlavě válce:

2ventilové, 3 ventilové, 4 ventilové, 5 ventilové [2].

Konstrukce čtyřdobého motoru je charakterizována ventilovým rozvodem. Čtyřdobé motory ve čtyřkolkách se vyznačují rozvodem OHC, SOHC, DOHC a v menší míře OHV se dvěma až pěti ventily na válec. Chlazení je převážně kapalinové a u menších objemů je motor chlazen náparem vzduchu při jízdě. Přípravu směsi paliva se vzduchem zabezpečuje karburátor nebo stále častěji systém vstřikování paliva [3].

#### 5.1.1 Jednoválcový motor

Jednoválcové motory jsou vzhledem k jednodušší konstrukci levnější a méně náročné na údržbu, Mají malou hmotnost a vykazují relativně nízkou spotřebu paliva a oleje [2].

Tento typ motoru je nejpoužívanější pro pohon čtyřkolek. Obsah motoru je od  $50 \text{ cm}^3$  do  $750 \text{ cm}^3$ . Tento typ motoru používají například čtyřkolky Yamaha Grizzly 550 EPS, Polaris SPORTSMAN 500 H.O., Suzuki KingQuad 500AXi.

#### 5.1.2 Dvouválcový motor do "V"

Dvouválcové motory se montují napříč (jeden válec vpředu, druhý vzadu). Motory s válci do "V" se rozlišují podle úhlu, který spolu válce svírají. Proto se můžeme setkat s označením "90°V" nebo "70°V", kde číslo před V určuje úhel mezi válci. Motory s 90° se vyznačují klidným chodem. Použití dvou válců přináší různé výhody např. klidnější chod nebo větší zdvihový objem a v neposlední řadě vyšší výkon, který je potřeba u větších závodních a užitkových čtyřkolek [2].

Dvouválcový motor se pro pohon čtyřkolek používá méně často. Obsah takových motorů je od 750 cm<sup>3</sup> do 1000 cm<sup>3</sup>. Dvouválcový motor má např. Kawasaki Brute Force 750 4x4i, Polaris Sportsman 850 XP.



*Obr. 7 Dvouválcový motor do "V" o obsahu 749 cm<sup>3</sup> použitý v čtyřkolce Kawasaki Brute Force 750 4x4i, převzato z [28].*

## 5.2 Převodovky

Hlavním účelem převodovky je umožnit změnu převodu mezi motorem a hnacími koly tak, aby měl motor bez ohledu na rychlost jízdy stále vysoké otáčky, při kterých má plný výkon. Při jízdě po rovině musí motor kromě ztrát v poháněcím ústrojí překonávat jen odpor valení a odpor vzduchu. Výkon motoru se volí tak, aby tyto odpory překonal bez převodu v převodovce (přímý záběr) a vysoké otáčky se využily k dosažení co největší rychlosti. Při jízdě do kopce musí motor navíc překonávat tíhovou složku čtyřkolky, která působí proti směru jízdy vozidla. Protože se motor nesmí přetěžovat a výkon motoru již nestačí překonávat všechny odpory, musí se snížit rychlost čtyřkolky, aby se snížil odpor vzduchu a odpor valení. Výkon motoru klesá v závislosti na snižujících se otáčkách. Proto je třeba zařadit v převodovce nižší převodový stupeň, aby se opět dosáhlo vysokých otáček a tím plného výkonu, který by stačil k překonávání zvýšených jízdních odporů [2].

Kromě toho musí převodovka splnit řadu dalších požadavků. Při jízdě ze svahu, zajišťuje brzdění čtyřkolky motorem (u převodovek typu CVT se brzdění motoru řeší pomocí elektroniky nebo se nepoužívá) při zařazení takového

rychlostního stupně, kterým by se do stejného svahu vyjíždělo. Převodovka musí umožnit volný chod motoru při sepnuté spojce a stojící čtyřkolce [2].

### 5.2.1 Manuální převodovka

Manuální převodovka má 5 až 6 převodových stupňů plus jeden pro jízdu vzad, pomocí kterých lze udržovat v různých jízdních situacích dostatečné otáčky motoru, tak aby motor mohl podávat požadovaný výkon. Čím má převodovka víc rychlostních stupňů, tím lépe a hospodárněji lze využít výkon motoru. Řazení převodových stupňů se provádí manuálně pomocí řadicí páky [2].

U manuálně řazených převodovek se vzhledem k jejich jednoduchosti prosadily převodovky s předlohovým hřídelem, které jsou tříhřídelové (koaxiální) nebo dvouhřídelové (deaxiální). U tříhřídelové převodovky mají vstupní a vstupní hřídel společnou osu otáčení [2].

U dvouhřídelové převodovky je moment přenášen pro všechny převodové stupně vždy jen jedním párem ozubených kol. S výjimkou nejvyššího převodového stupně (přímý záběr zde není možný) je účinnost takové převodovky velmi dobrá. Jedním párem ozubených kol je dána možnost celkového převodu [2].

U tříhřídelové převodovky se točivý moment motoru přenáší malým ozubeným kolem, které je v neustálém záběru s největším kolem předlohového hřídele. Na předlohovém hřídeli je tolik ozubených kol, kolik je rychlostních stupňů (včetně zpětného převodu). Každé kolo předlohy je v záběru s příslušným kolem na výstupní hřídeli [2].

Tímto typem převodovky jsou vybaveny například modely: Yamaha YFZ450, Honda TRX450ER, Suzuki QuadRacer R450.

### 5.2.2 Automatická převodovka

Převodovka typu CVT (Continuously Variable Transmission = plynule měnitelný převod) je od samého počátku spolehlivou zárukou naprosto hladkého chodu bez rázů a trhání, provázející přeřazováním u některých konvenčních převodovek. Místo série ozubených kol ozubených používá variabilní převodovka CVT jenom dvě kola s proměnlivým průměrem, spojená pomocí ocelového pásu z velmi přesných článků. Přenos výkonu pomocí speciálního řetězu a dvojice kuželových kol. Posuvným pohybem řetězu po kuželových kolech se docílí požadovaný převodový poměr, který se však nemění skokově, ale plynule. To se projevuje v příjemném pocitu z jízdy, kdy zcela odpadne řazení [4].

Tento typ převodovky používají například čtyřkolky: Yamaha Grizzly 550 EPS, Polaris SPORTSMAN 500 H.O., Suzuki KingQuad 500AXi.



## 5.3 Spojky

Spojka přenáší kroutící moment motoru na další části převodového ústrojí. Vypnutím spojky je přerušen přenos točivého momentu z motoru na převodovku. To je nezbytné k řazení rychlostních stupňů. Plynulý rozjezd čtyřkolky je docílen pozvolným zapínáním spojky, spojeným s jejím prokluzováním, tím se vyrovnávají otáčky mezi hřídelí motoru a převodového ústrojí. Spojka také slouží jako tlumič torzních kmitů motoru [4].

Odstředivá spojka se používá ve spojení s převodovkou typu CVT. Suché a mokré spojky jsou ovládány jezdce buď mechanicky pomocí lanka nebo hydraulicky a používají se v kombinaci s manuální převodovkou.

### 5.3.1 Jednokotoučová třecí spojka

Jednokotoučová suchá třecí spojka je upevněna na setrvačniku motoru. Setrvačník je upevněn na konci klikového hřídele. Na setrvačniku je upevněn koš spojky s přitlačným štítem, který je při uvolnění páce přitlačován silou membránové pružiny nebo několika vinutých pružin na třecí kotouč spojky. Třecí kotouč je v tomto stavu přitlačován na přitlačný štít. Třecí kotouč se může posouvat po hřídeli převodovky. Pokud je spojka uvolněna, tak se prostřednictvím tření mezi přitlačným štítem, košem spojky a třecím kotoučem přenáší hnací síla od motoru do převodovky [2].

### 5.3.2 Dvoulamelová suchá spojka

Dvoulamelová suchá spojka se používá stejně jako jednokotoučová suchá spojka pro přímé spojení klikového hřídele s převodovkou a tvoří rozpojovací a spojovací člen připevněný přímo na setrvačniku. Dvoulamelové spojky se používají tam, kde nestačí spojky jednokotoučové. Například u motorů s velkým výkonem a kroutícím momentem a nebo tam, kde by byl problém s velkým průměrem jednokotoučové třecí spojky. Dvoulamelová spojka má dva ocelové kotouče (které v podstatě nahrazují přitlačný štít) a dvě třecí lamely [2].

### 5.3.3 Vícelamelová suchá spojka

Oproti mokrým spojkám dokáže relativně malá suchá spojka se slabšími přitlačnými pružinami přenášet větší síly. Klikový hřídel je spojen přes primární pohon s košem spojky. Převodovka a celý hnací systém je spojen s unášечem uvnitř spojky. Přitlačný štít spojky je přitlačován pružinami upevněnými do kruhu na unášечи spojky,

na sestavu třecích lamel a ocelových lamel spojky. Ocelové lamely přitom zabírají přes vnitřní ozubení do unášeče spojky a tím i do výstupního hřídele převodovky. Třecí lamely zabírají vnějším ozubením do unášeče spojky a tak jsou spojeny s motorem [2].

#### 5.3.4 Mokrý spojka

Lamely mokré spojky jsou opatřeny drážkami, které rozdělují třecí obložení do jednotlivých polí. Tyto drážky zajišťují cirkulaci oleje. Olej v mokré spojce umožňuje plynulý záběr spojky a tím plynulejší rozjezd. Motorový olej v mokré spojce působí také jako tlumicí médium. Spojka funguje elasticky a nereaguje rázově jako suchá spojka. Navíc třecí obložení pro suché spojky jsou dražší než obložení pro odpovídající mokré spojky, protože musí odolávat větším teplotním namáháním.

U mokrých spojek obíhají lamely v olejové lázni (olej s malou viskozitou, tj. motorový olej). Přítlačná síla ke spojení lamel může být vyvozena jednou centrální nebo několika axiálními vinutými pružinami [2].

#### 5.3.5 Odstředivá spojka

Odstředivá spojka patří do skupiny samočinných třecích spojek. Přítlačná síla je vyvozována odstředivou silou závaží. Ty rotují se štítem spojky a tlačí na přítlačný kotouč spojky. Při volnoběhu působí na závaží malá odstředivá síla a závaží se přitahují pomocnými pružinkami k ose rotace. Opírají se o vnitřní doraz na vnějším bubnu. Tím je uvolněn přítlačný kotouč i lamely o stanovenou vůli a spojka je rozepnutá. Opěrný kotouč se udržuje v základní poloze seřizovacími šrouby a působením přítlačných pružin, které se druhým koncem opírají o závěrný kotouč. Při rozjíždění se zvyšují otáčky, závaží se začnou vlivem větší odstředivé síly vzdalovat od osy rotace k vnějšímu dorazu na přítlačném kotouči. Přitom se závaží odvalují po přítlačném kotouči, který se posouvá k lamelám, stlačí je a způsobí posuv opěrného kotouče z jeho základní polohy. Tím se zvětší síla přítlačných pružin na hodnotu potřebnou pro přenos největšího hnacího momentu motoru a spojka je sepnutá [2].

### 5.4 Pohon 4x2

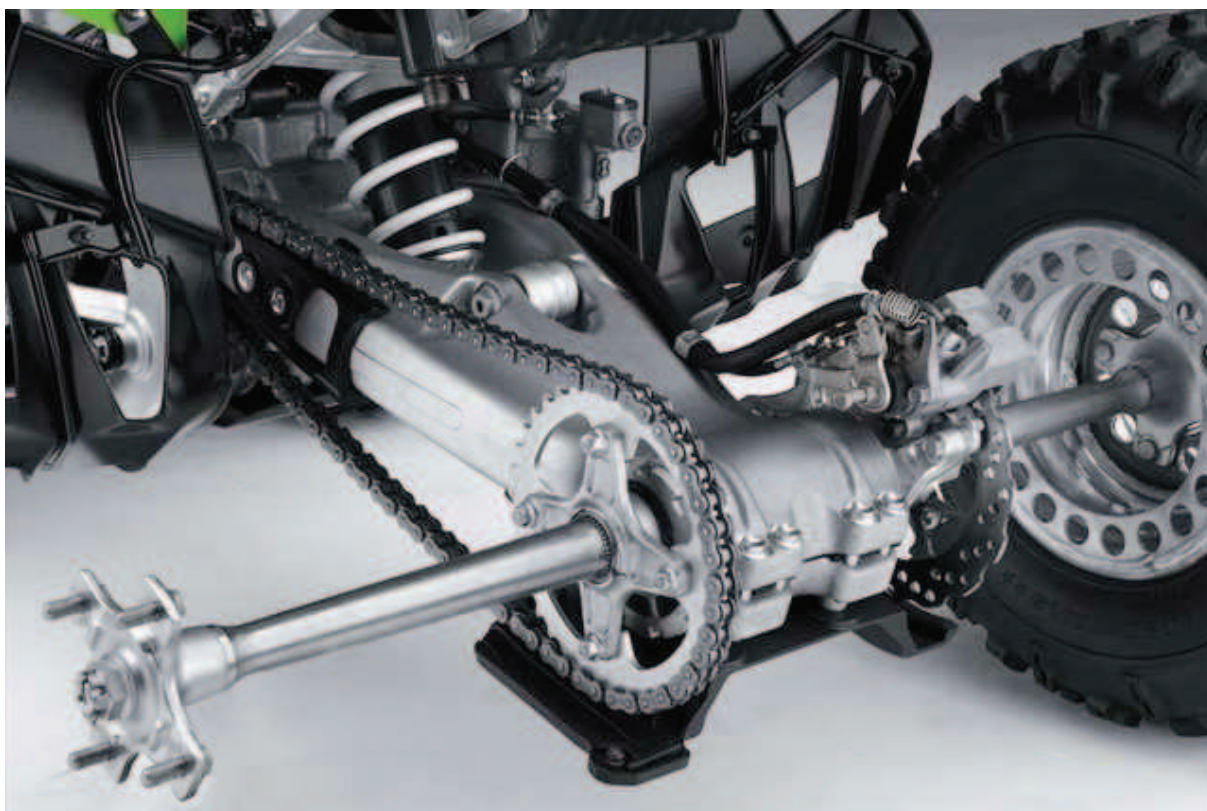
Jedná se o pohon jen zadní nápravy a ten je realizován buď pomocí řetězu nebo pomocí hřídele s kloubem. V případě řetězu je ozubené kolo připojeno přímo ke společné hřídeli zadních kol. V případě hnací hřídele je použito rozvodovky s talířovým kolem a pastorkem, který je na hnací hřídeli.

Tímto typem pohonu jsou vybaveny například modely: Yamaha YFZ450, Honda TRX450ER, Suzuki QuadRacer R450.

#### 5.4.1 Řetěz

Řetězový pohon zadních kol má válečkový řetěz nebo pouzdrový řetěz. Řetěz spojuje výstup převodovky přímo se zadními koly. Spojení je zajištěno přes sekundární řetězové kolo (pastorek) na převodovce, články řetězu a končí na řetězovém kole, které pohání zadní kola čtyřkolky. Podle počtu zubu tvoří řetězová kola sekundární převodový poměr. Řetězové kolo na převodovce se opotřebuje dříve než zadní řetězové kolo. Důvodem jsou menší rozměry [2].

Válečkový řetěz má na rozdíl od pouzdrového řetězu v jednotlivých člancích volně otočné válečky, které kladou při pohybu menší odpor a znatelně snižují tření. To je důležité, protože u sekundárního hnacího řetězu lze obtížně zajistit dobré mazání a řetěz se zanáší venkovními nečistotami [2].



*Obr. 8 Zadní náprava čtyřkolky Kawasaki KFX 450R má kyvnou vidlici s centrální pružicí jednotkou a pohon je realizován pomocí řetězu , převzato z [7].*

Pouzdrový řetěz s O-kroužky se rozšířil kvůli lepšímu mazání. Válečkové řetězy potřebují pravidelně mazat a na olej nastříkaný na řetězu se lepí nečistoty. Články pouzdrového řetězu mají mezi čepy a objímkami tukovou náplň, která je z obou stran uzavřena O-kroužky, takže nemůže uniknout ven. Pouzdrový řetěz nesmí přijít do styku s vysokými teplotami, jinak se z něj vyvaří mazací náplň. Nebo pokud dojde k uvolnění O-kroužku v článku, pak tuková náplň časem vyteče a do článku se dostanou nečistoty a ty zničí řetěz [2].

#### 5.4.2 Kloubový hřídel

Přenos hnací síly z převodovky na zadní kola čtyřkolky může být realizován také kloubovým (kardanovým) hřídelem. Na společné hřídeli zadních kol pak musí být ještě jedna rozvodovka (viz obr. 4), která slouží k přenosu hnací síly z hřídele na kolo. Pohon kardanovým hřídelem má tu výhodu, že je celý zapouzdřený, takže na něj nemají vliv povětrnostní podmínky. Nevýhodou je větší nákladnost a výrobní náročnost narozdíl od pohonů řetězem a větší hmotnost [2].

První kloub je v místě kde je kyvná vidlice připojena k rámu a druhý kloub je u pastoru před rozvodovkou. Vlastní pohon zadního kola je tvořen talířovým ozubeným kolem. Do talířového kola zabírá pastorek, který je na konci kardanového hřídele [2].

#### 5.5 Pohon 4x4

Jedná se o pohon kol přední a zadní nápravy. Většinou jsou čtyřkolky s pohonem 4x4 vybaveny přepínáním mezi pohonem 4x4 a 4x2 např. Yamaha Grizzly 550 EPS a to z důvodu úspory paliva a menšího opotřebení pneumatik při jízdě po silnici.

Odpojení přední části pohonu se děje pomocí mezinápravové spojky umístěné mezi předním diferenciálem s rozvodovkou a převodovkou. Pohon 4x4 nabízí oproti pohonu 4x2 lepší trakci jak na suchém povrchu, tak na mokrému povrchu a pro pohyb v obtížném terénu jsou vybaveny uzávěrkou diferenciálů např. Yamaha Grizzly 450 IRS nebo samosvorným diferenciálem. Přenos hnacího momentu mezi jednotlivými prvky je realizován pomocí hřídelí nejčastěji s kloubovým hřídelem, popsáném v předchozí kapitole.

Na obr. 6 je zadní náprava čtyřkolky Brute Force 750 4x4i. Přenos kroutícího momentu od převodovky do zadní rozvodovky je realizován pomocí hřídele. Od zadní rozvodovky ke kolům je kroutící moment přenášen pomocí hřídele s dvěma kardanovými klouby. Takto je realizován i pohon předních kol.





*Obr. 9 Zadní náprava čtyřkolky Kawasaki Brute Force 750 4x4i, převzato z [2].*

#### 5.5.1 Diferenciál

Diferenciál je převodové ústrojí, které zajišťuje samočinné vyrovnání rozdílných otáček hnacích kol při jízdě v zatáčce a zároveň rozděljuje hnací točivý moment na obě vozidlová kola [4].

Diferenciální planetové soukolí se skládá z planetových kol, spojených s hnacími hřídeli vozidlových kol a satelitů, volně se otočných na čepu. Čep satelitu je upevněn ve skříni diferenciálu, která je pevně spojena s talířovým kolem. Protože mezi planetová kola jsou vloženy satelity, může se při nezměněných otáčkách talířového kola jedno kolo pohybovat rychleji než druhé nebo naopak. Tak je umožněno, aby se v zatáčce zpožďovaly otáčky vnitřního kola a současně zrychlovaly otáčky vnějšího kola úměrně daným délkám drah každého z nich [4].

Další funkcí diferenciálu je přenášet točivý moment na hnací kola. Točivý moment se přenáší z pastorku na talířové kolo, z něj na čep satelitů diferenciálu a ozubením satelitu na planetová kola do diferenciálu, dále hnacími hřídeli s křížovými klouby na kola čtyřkolky [4].

### 5.5.2 Závěr diferenciálu

Aby nedošlo k prokluzu hnaného kola ve specifických podmínkách (na sněhu, ledu nebo v terénu) je potřeba vyřadit diferenciál z funkce. Tento nedostatek se odstraňuje tzv. uzávěrem (uzávěrkou) diferenciálu. Závěr diferenciálu určitým způsobem zablokuje planetová kola tak, že se nemohou vůči kleci relativně otáčet a diferenciál se musí otáčet jako celek. Při prokluzování jednoho kola se pak přenáší celý točivý moment na kolo spočívající na tvrdém nebo drsném povrchu a tím vyvine hnací sílu dostatečnou k vyproštění čtyřkolky. Závěr diferenciálu se používá jen na překonání obtížných míst, poté je nutné závěr vyřadit, protože jinak by vozidlo mělo vlastnosti jako bez diferenciálu [4].

Další variantou závěru diferenciálu je modifikovaná konstrukce samosvorného diferenciálu se zvýšeným třením, kde jsou třecí lamely ovládány pomocí páky na řídítkách a jezdec si volí sílu zavření sám. Konstrukce je znázorněna na obr. 10. Tento způsob je nejpoužívanější. Je použit například na čtyřkolce Kawasaki Brute Force 750 4x4i .



*Obr. 10 Diferenciál čtyřkolky Kawasaki Brute Force 750 4x4i převzato z [27].*

### 5.5.3 Samosvorný diferenciál

Zapínání a vypínání uzávěrky diferenciálu komplikuje ovládání vozidla. Tuto nevýhodu odstraňují diferenciály se samočinným uzavíráním, tzv. samosvorné diferenciály. Jejich účinek spočívá ve zvýšení tření v diferenciálu [4].

K docílení samosvornosti diferenciálů se běžně používají diferenciály se zvýšeným třením. Mezi kuželovými koly, které jsou spojeny s hnacími hřídeli kol a skříní diferenciálu, jsou vytvořeny třecí plochy se zvlášť vysokým třením. Tření může být docíleno např. lamelovou třecí brzdou [4].

## 6 Kola

Kolo s pneumatikou je spojovacím článkem mezi čtyřkolkou a povrchem. Kola nesou hmotnost čtyřkolky, zavazadel, jezdce a případně spolujezdce, přenášejí hnací a brzdné momenty a boční síly. Dále jsou důležitým činitelem v pružící soustavě vozidla z hlediska zvětšení jízdního pohodlí a bezpečnosti jízdy. Vozidlové kolo se sestává ze dvou částí: z pneumatiky a vlastního kola s diskem [2].

Jednotlivé disky a pneumatiky od různých výrobců jsou libovolně kombinovatelné, musí si rozměrově odpovídat a je jen na jezdci pro jakou kombinaci se rozhodne.

### 6.1 Značení pneumatik a disků

Pneumatiky pro čtyřkolky se označují trojicí čísel např. 25 x 8 - 12

- 1) Číslo 25 udává celkovou výšku pneumatiky v nahuštěném stavu (dop. tlakem daným výrobcem), tedy výška 25 palců.
- 2) Číslo 8 udává celkovou šířku pneumatiky v nahuštěném stavu (dop. tlakem daným výrobcem), tedy šířka 8 palců.
- 3) Číslo 12 udává průměr disku, na který je pneumatika určena, tedy průměr disku 12 palců [12].

U některých výrobců je možné se setkat s metrickým označením rozměru pneumatik

např. 205/80R12

- 1) Číslo 205 udává šířku pneumatiky v milimetrech při nasazeném nahuštěném stavu. Po převodu na palce (vydělením číslem 25,4) se dostaneme na hodnotu standardního označení šířky v palcích, tedy 8 palců.
- 2) Číslo 80 udává procento výšky pneumatiky počítáno z celkové šířky, tedy výška pneumatiky je 80% z 205 mm, což je 164 mm [12].

Opět pokud tento výsledek převedeme na palce (vydělením 25.4), dostaneme hodnotu 25 palců, která nám udává standardní označení výšky pneumatiky.

3) Písmeno R nám udává typ pneumatiky, v tomto případě se jedná o radiální pneumatiku

4) Číslo 12 udává průměr disku v palcích [12].

Značení disků: 8x8,3+5,4/110:

8x8

1) První číslo udává průměr disku a rovněž vnitřního průměru pneumatiky - tedy použití 8" disku s 8" pneumatikou

2) Druhé číslo nám udává šířku disku v palcích

3+5

Jde o parametr určující hloubku uchycení (středu) disku. V tomto případě 3+5 znamená, že uchycení (střed) disku je 3" od okraje disku ze strany uchycení a 5" od vnějšího okraje disku. Též je z parametru 3+5 jasné, že se jedná o 8" disk.

4/110

Číslo 4 je množství otvorů pro šrouby disku a číslo 110 je jejich rozestup počítaný v milimetrech [12].

## 6.2 Pneumatiky

Pneumatikou rozumíme plášť s duší nebo bezdušovým ventilem namontovanou na disk a naplněnou stlačeným vzduchem. Plášť je pružná vnější část pneumatiky, která zajišťuje styk s vozovkou a která dosedá svou patkovou částí na ráfek. Pneumatiky mají tyto hlavní části: koruna, rameno, bočnice a patka [2].

Diagonální pneumatiky jsou dodnes považovány za "klasickou konstrukci". Jejimi výhodami jsou pevná struktura a silné bočnice, které obzvláště v terénu mají mnoho výhod (odolnost proti proražení) [2].

Radiální pneumatiky jsou konstruované z pásů pokládáných v pravém úhlu k ose rotace pláště (ke směru jízdy) a nárazníkového pásu položeného pod úhlem 0 - 25° úhlem k ose rotace pláště. Pás umístěný pod plochou dezénu dodává plášti stabilitu a dovoluje pneumatiku použít ve vyšší rychlosti, jelikož je podstatně snížena odstředivá síla. Snížená tloušťka bočnice znamená, že pneumatika se méně zahřívá.

Pneumatika s duší se liší od bezdušových jinak tvarovanými a méně tuhými vnitřními okraji i a dále měkčími bočními partiemi. Pneumatika zde tvoří vlastně pouze ochranný obal kolem nosné duše. Běhoun a kostra pneumatiky s duší je pak stejná jako u pneumatiky bezdušové [2].



Bezdušové pneumatiky se používají na vhodně tvarované ráfky určené pro bezdušové pneumatiky. Vnitřní okraje bezdušové pneumatiky musí po dosednutí na disk dokonale těsnit [2].

Na pneumatikách pro čtyřkolky rozlišujeme tři základní skupiny vzorků dezénu: silniční, univerzální (all terrain ) a na pneumatiky do měkkého terénu (písek, bláto). Závodní se vzhledem blíží pneumatikám na automobilech. Pneumatiky do měkkého terénu mají výrazný hrubý vzorek, který zaručí nejlepší trakci. Univerzální vzorek je kompromis mezi předchozími dvěma dezény.

### 6.3 Disková kola

Jedná se o jednoduchá kola, kde disk a ráfek jsou zhotoveny z ocelového lisovaného nebo kovaného materiálu. K uchycení kola na nápravu se používá tři až pět šroubů. Ráfek slouží bezpečnému připojení pláště (bezdušové, či dušové) pneumatiky [5].



*Obr. 11 Diskové kolo ITP .190 T-9 Pro Series Trac Lock Wheel, převzato z [13].*

## 6.4 Litá kola

Litá kola jsou vývojově nejmladší. Základ pro výrobu tvoří přesný odlitek ze slitiny hliníku nebo hořčíku. Ve střední části jsou přesně vyrobeny otvory pro uchycení k nápravě a k připevnění brzdového kotouče. Ráfek je spojen se střední částí kola odlitými paprsky (obr. 9), jejichž konstrukce může být velmi pestrá. Důležitým prvkem pro pevnost a spolehlivost kola je i dimenzování vlastního ráfku, neboť se zpravidla soustruží jeho dosedací plochy pro patku pneumatiky [2].

Výhodou litých kol je jejich nenáročnost na údržbu, vysoká tuhost, možnost přesného vyvážení. Nevýhodou litých kol je jejich choulostivost na tvrdé nárazy, například při jízdě terénem a nemožnost opravy naraženého kola. Navíc trpí křehkostí ráfku, který se může poškodit při neodborné montáži pneumatiky [2].



*Obr. 12 Lité kolo ITP SS106 Alloy Series Wheel Black, převzato z [13].*

## 7 Řízení

Řízení čtyřkolky musí umožnit kontrolované a bezpečné projíždění zatáček s pokud možno minimálním silovým působením na řídítka. Řízení musí být dále zkonstruované s ohledem na fyzickou sílu. Pokud jsou síly v řízení příliš velké, způsobují únavu jezdce. Když jsou síly v řízení malé, má jezdec malý cit v řízení a špatně rozeznává změny jízdního režimu v důsledku nerovnosti apod. [2].

## 7.1 Ovládací prvky

Čtyřkolka se řídí pomocí řídítek s podobným uspořádáním ovládacích prvků jako motocykl. Plyn se ovládá pomocí páčky ovládané palcem pravé ruky umístěné pod pravou rukojetí, ovládání jako u motorky pomocí rukojeti se nevyskytuje moc často. Přední brzda se ovládá pomocí páky na pravé straně řídítek. Zadní brzda se ovládá buď pákou na levé straně řídítek, v případě že je čtyřkolka vybavena automatickou převodovkou, nebo pravou nohou jako na motorce, pokud má čtyřkolka manuální převodovku a páka na levé straně řídítek ovládá spojku a levá noha řadicí páku. Automatická převodovka se ovládá pákou se čtyřmi polohami: zpátečka, neutrál a dva stupně pro jízdu vpřed. Na řídítkách se dále vyskytuje ovládání diferenciálu a přepínání mezi 4x2 a 4x4, pokud se jedná o čtyřkolku s pohonem 4x4.

Další prvky na řídítkách jsou: ovládání světel, klaksonu, startér, ovládání blinkrů (pokud je čtyřkolka homologována pro provoz na pozemních komunikacích). Dále jsou na řídítkách upevněna zrcátka a tachometr s různými kontrolkami, např. světel, dobíjení baterie, zařazeného neutrálu.

## 7.2 Konstrukce řízení

Řídítka jsou připojena k tyči řízení. Tyč řízení je na dvou místech připojena k rámu čtyřkolky a to na spodním konci a pod řídítky. K spodní části tyče řízení jsou připojeny tyčky řízení, ty jsou připojeny k těhlicím a ty jsou spojeny pomocí kulových kloubů k hornímu a spodnímu ramenu lichoběžníkové nápravy nebo v případě nápravy McPherson ke spodnímu ramenu a k tělesu tlumiče.

## 8 Srovnání

Jako zástupce střední třídy užitkových čtyřkolek byly vybrány tyto modely: Yamaha Grizzly 550 EPS, Polaris SPORTSMAN 500 H.O., Suzuki KingQuad 500AXi, Loncin 500 4x4.

Vybrané modely sportovních čtyřkolek: Yamaha YFZ450, Honda TRX450ER, Kawasaki QuadRacer R450, HSUN 450-2.

Ještě poznámku k cenám. Ceny jsou orientační, záleží na jednotlivých prodejcích a na kurzu eura nebo dolaru ke koruně a dále jestli je čtyřkolka určena k provozu na pozemních komunikacích, tzn. jestli je nainstalován homologační kit.

## Tabulka parametrů užitkových čtyřkolek

tab. 1 [19], [20], [21], [22].

Model	Yamaha Grizzly 550 EPS	Polaris SPORTSMAN 500 H.O.	Suzuki KingQuad 500AXi	Loncin 500 4x4
Motor	-			
Typ motoru	Kapalinou chlazený, čtyřtátní jednoválec	Kapalinou chlazený, čtyřtátní jednoválec	Kapalinou chlazený, čtyřtátní jednoválec	Kapalinou chlazený, čtyřtátní jednoválec
Zdvihový objem	558 cm <sup>3</sup>	498 cm <sup>3</sup>	493 cm <sup>3</sup>	493 cm <sup>3</sup>
Systém startování	Elektrický	Elektrický	Elektrický	Elektrický
Finální převod	Kardan	Kardan	Kardan	Kardan
Systém 4x4	On-Command 2x4 / 4x4, diff-lock	On-Demand True AWD/2WD	4WD/2WD	4WD/2WD
Objem palivové nádrže	20 litrů	15.5 litrů	17.5 litrů	-
Převodovka	Automatická CVT	Automatická CVT	Automatická CVT	Automatická CVT
Podvozek	-			
Odpružení přední	Nezávislé přední odpružení, dvojité A-rameno	McPhearson	Nezávislé přední odpružení, dvojité A-rameno	Nezávislé přední odpružení, dvojité A-rameno
Odpružení zadní	Nezávislé zadní odpružení, dvojité A-rameno	Nezávislé zadní odpružení, dvojité A-rameno	Nezávislé zadní odpružení, dvojité A-rameno	Nezávislé zadní odpružení, dvojité A-rameno
Brzda přední	2x hydraulická kotoučová	2x hydraulická kotoučová	2x hydraulická kotoučová	2x hydraulická kotoučová
Brzda zadní	2x hydraulická kotoučová	2x hydraulická kotoučová	Lamelová mokrá	2x hydraulická kotoučová
Pneumatiky přední	AT 25 x 8-12	25 x 8-12; 489	AT25 x 8-12, tubeless	25 x 8 - 12 38J
Pneumatiky zadní	AT 25 x 10-12	25 x 11-12; 489	AT25 x 10-12, tubeless	25 x 10 - 12 45J
Celková délka	2 065 mm	2108 mm	2115 mm	2020 mm
Celková šířka	1 180 mm	1219 mm	1210 mm	1160 mm
Celková výška	1 240 mm	1219 mm	-	1310 mm
Výška sedla	905 mm	857 mm	920 mm	-
Cena	209 990,- Kč	213 700,- Kč	165 000,- Kč	129 900,- Kč

Čtyřkolky do tohoto srovnání byly vybrány hlavně podle obsahu motoru. Už z tabulky č. 1 je patrné že různí výrobci při návrhu a konstrukci používají stejné řešení. Výjimkou je firma Polaris, která u většiny svých užitkových modelů používá na přední nápravu zavěšení typu McPhearson. Automatické převodovky a pohon 4x4 s přepínáním na 4x2 a manuálně ovládaná uzávěra předního diferenciálu jsou už standardem. Jako důvod používání automatických převodovek vidím velký vliv amerického trhu.

Jako nejlepší model výběru hodnotím model Yamaha Grizzly 550 EPS (obr. 13). Jako jediný nabízí posilovač řízení EPS a má největší palivovou nádrž. Tyto přednosti se ale odrážejí v ceně.

Model čínského výrobce Loncin model Loncin 500 4x4 zaujme především cenou. V porovnání s ostatními modely nenabízí žádnou novinku nebo vychytávku ale podle uváděných parametrů vypadá slibně. Otázkou je, jak je na tom se spolehlivostí. Tyto praktické zkušenosti nemám.



*obr. 13 Yamaha Grizzly 550 EPS, převzato z [23].*

Modely vyšších obsahů ( $600\text{ cm}^3$  až  $1000\text{ cm}^3$ ) mají shodné konstrukční uspořádání jen jsou jednotlivé prvky konstruované s ohledem na větší výkon. Modely nižších kubatur ( $100\text{ cm}^3$  až  $450\text{ cm}^3$ ) jsou buď stejně řešeny jako modely střední třídy, nebo jsou zjednodušeny absencí pohonu 4x4. Zadní náprava je řešena kyvnou vidlicí a bubnové brzdy se používají často.

Tabulka parametrů sportovních čtyřkolek  
tab. 2 [15], [16], [17], [18].

Model	Yamaha YFZ450	Honda TRX450ER	Suzuki QuadRacer R450	HSUN 450-2
Motor				
Typ motoru	Kapalinou chlazený, čtyřtákní jednoválec	Kapalinou chlazený, čtyřtákní jednoválec	Kapalinou chlazený, čtyřtákní jednoválec	Kapalinou chlazený, čtyřtákní jednoválec
Zdvihový objem	449 cm <sup>3</sup>	450 cm <sup>3</sup>	450 cm <sup>3</sup>	448 cm <sup>3</sup>
Systém startování	Elektrický	Elektrický	Elektrický	Elektrický
Finální převod	řetěz	řetěz	řetěz	řetěz
Objem palivové nádrže	10 litrů	12 litrů	9 litrů	-
Převodovka	manuální, 5 rychlostí	manuální, 5 rychlostí	manuální, 5 rychlostí	manuální, 5 rychlostí
Podvozek				
Odpružení přední	Dvojité A-rameno	Dvojité A-rameno	Dvojité A-rameno	Dvojité A-rameno
Odpružení zadní	Kyvné rameno	Kyvné rameno	Kyvné rameno	Kyvné rameno
Brzda přední	2x Dvoupístová hydraulická kotoučová	2x Dvoupístová hydraulická kotoučová	2x hydraulická kotoučová	2x hydraulická kotoučová
Brzda zadní	Dvoupístová hydraulická kotoučová	Dvoupístová hydraulická kotoučová	hydraulická kotoučová	hydraulická kotoučová
Pneumatiky přední	AT 21 x 7-10 radiální	22 x 7-10	AT20 x 7 R10, tubeless	-
Pneumatiky zadní	AT 20 x 10-9 radiální	20 x 10-9	AT18 x 10 R8, tubeless	-
Celková délka	1840 mm	1862 mm	1845 mm	1850 mm
Celková šířka	1170 mm	1176 mm	1245 mm	1300 mm
Celková výška	1090 mm	1100 mm	-	1300 mm
Výška sedla	810 mm	833 mm	780 mm	-
Cena	199 990,- Kč	219 900,- Kč	151 000,- Kč	109 000,- Kč



Stejně jako u předchozího srovnání i zde se výběr řídil hlavně obsahem motoru. Tak jako u užitkových čtyřkolek je až zarážející podobnost jednotlivých modelů od různých výrobců. V případě modelů od Yamahy, Hondy a Suzuki se jedná o modely se kterými se dá úspěšně závodit. Tomu odpovídá i cena a stejně jako v předchozím srovnání čínský výrobce HSUN s modelem 450-2 (obr. 14) vítězí nejnižší cenou. Stejně jako v předchozím případě je čtyřkolka HSUN 450 konstrukčně podobná modelům od renomovaných výrobců. Otázkou je jak je na tom se spolehlivostí. Tyto praktické zkušenosti nemám.

Jako osobního favorita vybírám model Suzuki QuadRacer R450, jako nevýhodu vidím jen menší nádrž oproti ostatním modelům. I když s tímto modelem čtyřkolkou budete nejčastěji jezdit na specializovaném okruhu a proto varianta, že uvíznete v lese s prázdnou nádrží nehrozí.



*obr. 14 čtyřkolka HSUN 450-2, převzato z [24].*

Modely vyšších obsahů ( $500 \text{ cm}^3$  až  $800 \text{ cm}^3$ ) mají podobné uspořádání, ale často je používán kardanový hřídel pro přenos hnací síly. Navíc bývají vybaveny lepšími a většími kotoučovými brzdami a lepšími tlumiči. Modely menších kubatur ( $100 \text{ cm}^3$  až  $400 \text{ cm}^3$ ) jsou po konstrukční stránce shodné s modely střední třídy.

## 9 Závěr

Práce vychází se seznámení s velkým počtem různých modelů čtyřkolek a jejich konstrukčního uspořádání. Jednotlivé komponenty a konstrukční celky byly rozebrány z ohledu na funkci, výhody a nevýhody.

V dnešní době je na trhu velké množství různých výrobců čtyřkolek, jak z Ameriky, Japonska a Číny. Největší rozdíl mezi Čínou a ostatními výrobci je v kvalitě použitých materiálů, kvalitě výroby a použitých technologií. Tyto rozdíly se odrážejí v ceně čtyřkolek. I když i u čínských výrobců jsou velké rozdíly v kvalitě a někteří kvalitou dosahují na nižší modely tradičních výrobců, díky nižší ceně jsou konkurenceschopné a zajímavé pro méně movité zákazníky.

Největší potenciál ve vývoji čtyřkolek je v možnostech pohonu. V nejbližší době to budou modely s maloobjemovými naftovými motory a pak pohon pomocí palivových článků. U pohonu pomocí elektromotorů bude rozhodující poměr mezi velikostí, hmotností a kapacitou akumulátorů. U ostatních komponent nastane optimalizace výroby a její zjednodušení s cílem snížení výrobních nákladů.



# Seznam použitých zdrojů

## Seznam použité literatury

[1] VLK, František . *Podvozky motorových vozidel*. 3. vyd. Brno : Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2006. 464 s. ISBN 80-239-6464-X.

[2] VLK, František . *Teorie a konstrukce motocyklu 1 a 2*. 1. vyd. Brno : Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2004. 661 s. ISBN 80-239-1601-7.

[3] RAUSCHER, Jaroslav. *Vozidlové motory : Studijní opory*. Brno : [s.n.], 200?. 156 s.

[4] VLK, František . *Převody motorových vozidel*. 1. vyd. Brno : Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2006. 371 s. ISBN 80-239-6463-1.

[5] MOTEJL, Vladimír, et al. *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. 2. vyd. Brno : Littera, 2001. 600 s. ISBN 80-85763-14-1.

[12] *Pneu-ctyrkolky.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-18]. Rádce výběru pneu a disků. Dostupné z WWW: <<http://www.pneu-ctyrkolky.cz/?radce-vyberu-pneu-a-disku,117>>.

[15] *Yamaha-motor.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-23]. YAMAHA YFZ450. Dostupné z WWW: <<http://www.yamaha-motor.cz/products/atv/leisure/yfz450.jsp?view=techspecs>>.

[16] *Suzukicycles.com* [online]. 2009 [cit. 2010-05-23]. QuadRacer R450 - 2009 . Dostupné z WWW: <<http://www.suzukicycles.com/Product%20Lines/ATVs/Products/QuadRacer%20R450/2009/LTR450.aspx?category=sport>>.

[17] *Moto.honda.cz* [online]. 2008 [cit. 2010-05-23]. TRX450ER - Technické informace. Dostupné z WWW: <<http://moto.honda.cz/motocykly/avt/trx450er/technicke-informace.html>>.

[18] *Automm.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-23]. Čtyřkolka HSUN - motor Subaru 450cc s SPZ. Dostupné z WWW:

<<http://www.automm.cz/index.php?p=productsMore&iProduct=334&PHPSESSID=5b649c42572d053457e6d7d8cf6151d2>>.

[19] *Ctyrkolky-minibike.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-23]. čtyřkolka Loncin 500 4x4 s SPZ. Dostupné z WWW: <<http://www.ctyrkolky-minibike.cz/?p=productsMore&iProduct=491>>.

[20] *Suzukicycles.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-23]. IngQuad 500AXi - 2011. Dostupné z WWW: <<http://www.suzukicycles.com/en/Product%20Lines/ATVs/Products/KingQuad%20500AXi/2011/LTA500XP.aspx?category=utility%20sport>>.

[21] *Yamaha-motor.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-23]. Yamaha Grizzly 550 EPS. Dostupné z WWW: <[http://www.yamaha-motor.cz/products/atv/utility/grizzly\\_550\\_eps.jsp?view=techspecs](http://www.yamaha-motor.cz/products/atv/utility/grizzly_550_eps.jsp?view=techspecs)>.

[22] *Polarisindustries.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-23]. Polaris Sportsman 500 HO ATV. Dostupné z WWW: <<http://www.polarisindustries.com/en-us/ATV-RANGER/2010/Full-Size-ATV/SPORTSMAN-500-HO/Pages/features.aspx>>.

## Seznam zdrojů obrázků

[6] *www.kawasaki.com*, dne 16.5. 2010 dostupné z:  
[http://www.kawasaki.com/FusePlayerAPI/GetScaledImage.aspx?maxw=640&maxh=480&img=~/\\_CMS/Products/ActionShots/852350ee-1693-410a-86ed-2e7b3e9f1b57.jpg](http://www.kawasaki.com/FusePlayerAPI/GetScaledImage.aspx?maxw=640&maxh=480&img=~/_CMS/Products/ActionShots/852350ee-1693-410a-86ed-2e7b3e9f1b57.jpg)

[7] *www.kawasaki.com*, dne 16.5. 2010 dostupné z:  
[http://www.kawasaki.com/FusePlayerAPI/GetScaledImage.aspx?maxw=640&maxh=480&img=~/\\_CMS/Products/ActionShots/396221c9-e387-4972-9249-51ffb48367f7.jpg](http://www.kawasaki.com/FusePlayerAPI/GetScaledImage.aspx?maxw=640&maxh=480&img=~/_CMS/Products/ActionShots/396221c9-e387-4972-9249-51ffb48367f7.jpg)

[8] *www.kawasaki.com*, dne 16.5. 2010 dostupné z:  
[http://www.kawasaki.com/FusePlayerAPI/GetScaledImage.aspx?maxw=640&maxh=480&img=~/\\_CMS/Products/ActionShots/8bd839df-76a1-4d1d-8a1a-1f0ccb2779c7.jpg](http://www.kawasaki.com/FusePlayerAPI/GetScaledImage.aspx?maxw=640&maxh=480&img=~/_CMS/Products/ActionShots/8bd839df-76a1-4d1d-8a1a-1f0ccb2779c7.jpg)

[9] *www.kawasaki.com*, dne 16.5. 2010 dostupné z:  
[http://www.kawasaki.com/FusePlayerAPI/GetScaledImage.aspx?maxw=640&maxh=480&img=~/\\_CMS/Products/ActionShots/913cf998-e1b4-4dc0-aa7f-dc762d345562.jpg](http://www.kawasaki.com/FusePlayerAPI/GetScaledImage.aspx?maxw=640&maxh=480&img=~/_CMS/Products/ActionShots/913cf998-e1b4-4dc0-aa7f-dc762d345562.jpg)

[10] [www.kawasaki.com](http://www.kawasaki.com), dne 16.5. 2010 dostupné z:  
<http://www.kawasaki.com/FusePlayerAPI/GetScaledImage.aspx?maxw=640&maxh=480&img=~ /CMS/Products/ActionShots/dc455ab1-32e6-48e3-9baa-9f6db57eb0bb.jpg>

[11] <http://www.yamaha-motor.cz> dne 16.5. 2010 dostupné z:  
[http://www.yamaha-motor.cz/Images/2010-ATV-YFM700R-details-05\\_tcm76-320815.jpg](http://www.yamaha-motor.cz/Images/2010-ATV-YFM700R-details-05_tcm76-320815.jpg)

[13] <http://jester.fatcow.com> dne 18.5. 2010 dostupné z:  
[http://jester.fatcow.com/store/media/itp\\_pro\\_trac\\_loc\\_pol.jpg](http://jester.fatcow.com/store/media/itp_pro_trac_loc_pol.jpg)

[14] <http://jester.fatcow.com> dne 18.5. 2010 dostupné z:  
[http://jester.fatcow.com/store/media/itp\\_ss\\_106\\_blk.jpg](http://jester.fatcow.com/store/media/itp_ss_106_blk.jpg)

[23] <http://www.yamaha-motor.cz> dne 23.5. 2010 dostupné z: [http://www.yamaha-motor.cz/Images/2009-Grizzly-550EPS-colour-black\\_tcm76-307424.jpg](http://www.yamaha-motor.cz/Images/2009-Grizzly-550EPS-colour-black_tcm76-307424.jpg)

[24] <http://www.automm.cz> dne 23.5. 2010 dostupné z:  
<http://www.automm.cz/files/products/P1180052.jpg>

[25] [www.kawasaki.com](http://www.kawasaki.com), dne 25.5. 2010 dostupné z:  
<http://www.kawasaki.com/FusePlayerApi/DownloadImage.aspx?mediaID=123424>

[26] [www.kawasaki.com](http://www.kawasaki.com), dne 25.5. 2010 dostupné z:  
<http://www.kawasaki.com/FusePlayerApi/DownloadImage.aspx?mediaID=109064>

[27] [www.kawasaki.com](http://www.kawasaki.com), dne 25.5. 2010 dostupné z:  
<http://www.kawasaki.com/FusePlayerApi/DownloadImage.aspx?mediaID=123425>

[28] [www.kawasaki.com](http://www.kawasaki.com), dne 25.5. 2010 dostupné z:  
<http://www.kawasaki.com/FusePlayerApi/DownloadImage.aspx?mediaID=123421>